Check for updates

Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng., 33(6) : 602~609, 2023
https://doi.org/10.5050/KSNVE.2023.33.6.602

한국소음진동공학회논문집 제 33 권 제 6호, pp. 602~609, 2023
ISSN 1598-2785(Print), ISSN 2287-5476(Online)

콘크리트 포장면 개량을 통한 도로교통소음 저감 효과 연구

Evaluation of Road Traffic Noise Reduction for Concrete Pavement Surface Improvement

천 병 희[*] · 김 철 환[**] · 장 서 일[***] · 류 훈 재[†]
Byeong Hee Chun[*], Chul Hwan Kim[**], Seo Il Chang[***] and Hunjae Ryu[†]

(Received July 10, 2023 ; Revised August 7, 2023 ; Accepted August 16, 2023)

Key Words : Road Traffic Noise(도로교통소음), Concrete Pavement Surface Improvement(콘크리트 포장면 개량), Diamond Grinding(다이아몬드 그라인딩), Next Generation Concrete Surface Method(고성능표면처리 공법)

ABSTRACT

Noise barriers are mainly applied to reduce road traffic noise on highways; however, noise control methods need to be diversified owing to structural limitations and economic problems. In this study, the diamond grinding (DG) and next generation concrete surface (NGCS) methods applied to improve performance due to aging concrete pavement were proposed as noise control methods. It is expected to be more effective as a noise reduction countermeasure because it is easier to construct, cheaper than existing noise barriers, and can reduce the vehicle wheel noise, which is the majority of road traffic noise. The pass-by noise is measured and analyzed on five construction points of the concrete road improvement methods and the respective existing pavement points simultaneously. The CPX noise was also measured on seven measurement points by connecting wheel noise measurement equipment to the vehicle, and the wheel noise between the existing and improved pavement surfaces while driving at a design speed (100 km/h) of the highway were compared. From this study, it was confirmed that noise reduction by concrete pavement surface improvement methods can have an effect of 3.9 dB(A)to 5.8 dB(A).

1. 서 론

우리나라의 고속도로에 건설된 도로포장은 80년대 초까지는 아스팔트 콘크리트포장(이하, 아스팔트 포장)으로 시공되어왔다. 하지만 아스팔트포장의 잦은 파손에 따른 유지보수작업으로 인하여 교통 지·정체와 같은 고속도로의 고속교통 운송 기능에 반하는 현상이 빈번히 발생하였다. 이러한 문제점의 해결을 위해 시멘트 콘크리트 포장(이하, 콘크리트 포장)이 대안으로 제시되었고[(1)], 1984년 88올림픽고속도로(현, 광주대구고속도로)를 시작으로 중부고속도로 등과 같이 고속도로 및 일반 국도의 상당 부분이 콘크리트 포장으로 건설되고 있다. 그 결과 2019년 말 기준으로 공용 중인 고속도로 41개 노선 4151 km 중 69 %가 콘크리트 포장으로 건설되었다. 향후, 계획된 고속

† Corresponding Author ; Member, Department of Urban Big Data Convergence, University of Seoul, Professor
E-mail : pgryuno1@uos.ac.kr
* Korea Expressway Corporation, Researcher
** Korea Expressway Corporation Traffic Research Institute, Researcher
*** School of Environmental Engineering, University of Seoul, Professor

A part of this paper was presented at the KSNVE 2022 Annual Autumn Conference
‡ Recommended by Editor Phillip Kim
ⓒ The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

도로를 고려할 때 콘크리트포장의 비율은 더욱 더 증가할 것으로 예상된다.

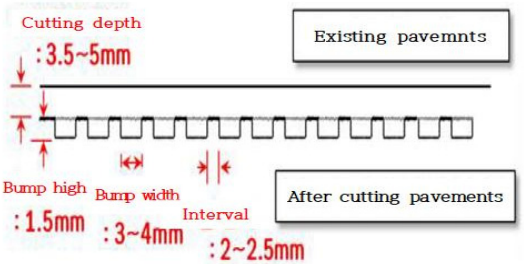
콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비해 중차량에 대한 하중지지 능력, 상대적으로 저렴한 유지관리 비용 등의 장점을 가지고 있지만 최근 포장성능에 대한 공용수명이 한계에 이름에 따라 피로균열(fatigue crack), 스폴링(spalling), 단차(faulting) 등의 구조적 파손과 표면벗겨짐(scaling) 등의 기능적 파손이 빈번하게 발생하고 있다. 이는 주행 안정성, 쾌적성 등의 도로 기능을 저하시켜 도로 사용자들로부터 민원의 대상이 되고 있다. 이와 같이, 콘크리트 포장의 저하된 기능을 회복시켜주는 다양한 공법들이 개발되어 있고, 그 중 국내에서 대표적으로 적용되고 있는 것이 다이아몬드 그라인딩(diamond grinding, 이하 DG)과 고성능표면처리 공법(next generation concrete surface method, 이하 NGCS)이다. 이는 노후된 포장면의 기능회복뿐만 아니라 도로소음 저감에도 효과가 있는 것으로 알려지면서[2] 콘크리트 포장면의 도로교통 소음 저감 대책 공법으로 주목받고 있다. DG는 2000년대 중반에 국내에 적용되어 시공실적이 많으며, NGCS는 도로터널 내 차량 운전자들의 타이어 노면 소음 저감을 위해 2014년 경부터 시범 적용하여 최근에는 DG와 함께 일반 도로 구간에서도 적용되고 있다.

이 연구에서는 노후된 콘크리트 포장면의 기능향상을 위해 적용되고 있는 DG와 NGCS의 소음저감 효과를 분석하여 도로변에 소음을 차단하는 방음벽의 간접적인 소음저감 대책의 단점을 보완하고 고속도로 도로교통소음에 대한 직접적인 소음원을 제어하여 도로 주변의 소음민원 대책으로 활용하고자 한다.

2. 콘크리트 포장 노면개량 공법의 개요

2.1 다이아몬드 그라인딩 공법

다이아몬드 그라인딩 공법은 절삭장비를 이용하여 콘크리트 포장면을 3.5 mm ~ 5 mm 정도 깊이의 박층으로 도로의 길이 방향에 따라 절삭하여 미세 돌기를 형성하는 공법으로 노후된 포장면의 단차를 제거하고 포장면의 종단 평탄성(roughness)과 미끄럼 저항을 향상시킨다. 또한 컬링(curling), 와핑(warping) 등에 따른 포장의 국부적인 횡방향 변형문제를 해결함으로써 운전자및 승객의 승차감을 향상시킨다. 마이크로텍스쳐(microtexture)로 표면을 형성하여 타이어-노면소음을 저감시키며 타이어와 노면의 미끄럼저항성과 배수효과를 증가시켜 주행안전성을 높인다. Fig. 1에 다이



(a) Construction specification

(b) Machine blade

(c) Under construction

(d) Finished construction

Fig. 1 Overview of diamond grinding (DG)

아몬드 그라인딩 공법의 단면구조와 시공 장비, 완료 후의 전경을 나타내었다.

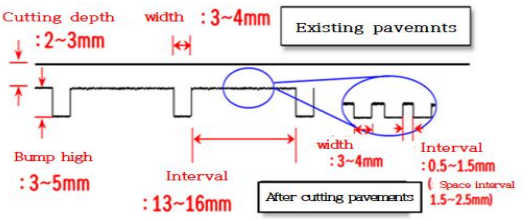
우리나라에서는 이 DG공법이 1999년 오산비행장에 처음 시공되었다. ACPA보고서(the American concrete pavement association)에 의하면[3], 1950년대에 시공된 오산비행장 활주로는 수많은 보수를 통하여 평탄성이 악화되었고 조종사들은 이·착륙 시 비행기 진동에 대하여 끊임없이 문제를 제기하였다. 특히 정찰기는 민감한 전자장치의 튐 현상으로 어려움을 겪었으나 다이아몬드 그라인딩 공법으로 평탄성이 향상되어 조종사들이 대단히 만족하였다고 한다. 한국도로공사에서는 노후된 콘크리트 포장의 평탄성 및 미끄럼저항성 향상을 위해 자체적으로 설정한 HPCI (highway pavement condition index) 값을 매년 측정하여 개선이 필요한 구간에 이 공법을 적용하여 저렴한 비용으로 콘크리트 포장 수명을 연장하고 주행 쾌적성을 향상시켜 이용객들의 고속도로 이용에 불편함이 없도록 노력하고 있다.

2.2 고성능 콘크리트 포장면 표면처리공법

고성능 콘크리트 포장 표면처리 공법은 콘크리트 포장면을 먼저 박층으로 절삭(1차 시공)하는 것은 Fig. 1과 같은 방법으로 시행 한 후 일정한 간격과 깊이의 홈을 절삭시공(2차 시공)하는 공법이다[4].

다이아몬드그라인딩 공법과 유사한 1차 시공을 통해 평탄성과 미끄럼저항성을 확보하고 2차 시공을 통해 주행차량의 타이어-노면소음을 저감하여 안전성과 정숙성을 더욱 향상시킬 목적으로 시공되고 있다[5]. Fig. 2에 고성능 콘크리트포장 표면처리 공법에 대한 단면구조와 시공 장비 및 시공 후 전경을 나타내었다.

국내 고속도로 및 일반도로의 터널 내부의 대부분은 콘크리트 포장으로 시공되어 있고, 차량의 소음이 터널 벽에 부딪쳐 반사되어 차량 내부로 들어오게 되어 터널 외부에 비해 시끄러운 특성상, 터널 내부 소음 저감을 위해 다이아몬드 그라인딩으로 표면처리를 해왔다. 하지만 최근에는 다이아몬드 그라인딩에 비해 소음저감효과가 좀 더 우수한 고성능 콘크리트포장 표면처리 공법(NGCS)을 적용하는 사례가 늘어나고 있는 추세이며, 이 연구에서는 터널내부 외에 일반구간에 적용사례가 적어 고속도로 일부 구간에 시험시공을 통해 소음저감효과를 측정하여 결과값을 분석하였다.



(a) Construction specification

(b) Machine blade

(c) Under construction

(d) Finished construction

Fig. 2 Overview of next generation concrete surface (NGCS) method

3. 콘크리트 포장 노면개량 공법의 소음저감효과

3.1 조사현장 개요

콘크리트 포장 노면개량 공법의 소음저감효과 분석을 위해 고속도로 7개 노선의 9개 현장에서 갓길(pass-by) 등가소음과 타이어-노면 근접(close-proximity, CPX) 소음을 측정하여 비교·분석하였다. 측정 당시

Table 1 Summary of on-site investigation sites

Investingation site			Methods	Construction [years/month]	Measurement [years/month]	Age [years]	Meas method	
Case no.	Length [km]	Direction					CPX	Pass-by
Case-1	0.4	Upward	DG	‘16.10	‘18.10	2	○	×
Case-2	1.3	Upward	DG	‘16.10	‘18.10	2	○	×
Case-3	0.5	Two-way	NGCS	‘18.11	‘19.11	1	○	○
Case-4	0.6	Two-way	DG	‘15.09	‘19.11	4	○	○
Case-5	0.4	Two-way	DG	‘12.10	‘19.11	7	○	○
Case-6	0.3	Two-way	DG	‘19.06	‘19.11	0.5	○	○
Case-7	0.8	Two-way	DG	‘18.06	‘19.11	1.5	○	○
	0.8	Two-way	NGCS	‘19.08	‘19.11	0.3	○	○

다이아몬드 그라인딩(DG) 시공 현장은 시공 후 0.5 ~ 7년 경과한 상태였고, 고성능 콘크리트 포장 표면처리(NGCS) 시공현장은 시공 사례가 거의 없어 소음 측정이 유리한 곳을 선정하여 시험시공 후 0.3 ~ 1년 경과한 상태에서 측정하였다. Table 1에 조사현장의 개요를 나타내었다.

3.2 측정 및 분석방법

소음저감효과 분석[6,7]을 위해 갓길 등가소음(pass-by noise)과 타이어-노면 근접소음(CPX noise)을 측정하여 비교하였다. 갓길 등가소음은 노면개량 공법이 시공된 현장과 이와 교통량 및 차속이 동일하다고 판단되는 인접의 일반 콘크리트 포장이 시공된 지점의 갓길에서 3 m, 5 m, 7 m 높이별로 24시간 측정한 등가소음(L_{Aeq})을 평균하여 비교한 값으로 소음저감효과를 평가하였다[8]. 또한 ISO 11819-2에 규정[9]된 측정장비를 이용하여 필수 측정지점 1/3옥타브밴드 중심주파수 315 Hz ~ 5000 Hz의 총합소음도(overall level, O.A.)를 평균하여 노면개량 공법 포장과 일반 콘크리트 포장의 타이어-노면 근접소음(주행속도 100 km/h)을 비교하였다. Fig. 3에 이 연구를 위한 측정방법의 개요를 나타내었다.

갓길 등가소음 측정 방법은 앞서 설명하였듯이 차량이 통행하는 도로와 일정 거리(7.5 m)를 이격하여 갓길에서 소음기로 측정하는 방법으로 타이어 마찰음과 차량 엔진음 및 공력소음 등에 대한 혼합 소음이 측정되기 때문에 도로 포장면 개량 전과 후에 대한 소음 저감에 대한 평가는 교통량, 교통속도, 대형차 혼입률과 측정시간에 영향을 받게 된다. 따라서 노면개량 시공이 완료된 대상지점과 기존 포장면의 비교

(a) CPX measurement

(b) Pass-by measurement

Fig. 3 Measurement methods for analysis of noise reduction effect

Table 2 Measurement conditions of road shoulder pass-by noise

Case no.	Traffic condition				
	Kind	Age [years]	Q*	V**	H***
Case-3	NGCS	1	60 533	96.0	29.3
Case-4	DG	4	75 998	93.1	39.1
Case-5	DG	7	21 786	89.3	28.6
Case-6	DG	0.5	35 214	100.5	29.7
Case-7	DG NGCS	1.5 0.3	44 917	84.2	40.9

* Q : Traffic volume [vehicles/day]
** V : Traffic speed [km/h]
*** H : Percentage of heavy vehicles [%]

지점에서 같은 시간대에 동일한 교통량과 속도에서 24 h 측정하여 비교 후 각 노면개량공법의 소음저감 성능을 확인하였다. 비교하는 각 두 지점은 각 지점

Table 3 Results of road shoulder pass-by noise measurement

Case no.	Reference point			Target point				
	Road shoulder			Road shoulder				
	Kind	Age [years]	Leq ① [dB(A)]	Kind	Age [years]	Leq ② [dB(A)]	②-① [dB(A)]	Effect [dB(A)]
Case-3	LDT*	17	84.4	LDT	17	83.6	-0.8	-5.5
	LDT	18	84.4	NGCS	1	78.1	-6.3	
Case-4	LDT	14	84.0	DG	4	80.6	-3.4	
Case-5	LDT	14	76.5	DG	7	74.3	-2.2	
Case-6	LDT	17	82.3	LDT	17	83.4	1.1	-5.7
	LDT	17	82.5	DG	0.5	77.9	-4.6	
Case-7	LDT	15	83.0	DG	1.5	72.8	-10.2	-2.0**
	LDT	15	83.4	NGCS	0.3	71.2	-12.2	
Average DG (except for Case-7)							-3.4	-5.7
Average NGCS (except for Case-7)							-6.3	-5.5

* LDT : lateral direction tinning
** The NGCS pavement shoulder equivalent noise performance "-2.0" of case 7 is compared to the equivalent noise performance of the existing DG pavement

의 소음 영향이 서로 미치지 않도록 약 300 m 이격하여 측정하여 두 지점 노면상태에 따른 소음도 차이 값을 확인하였다. Table 2는 각 케이스별 측정 시점 연도의 일평균 교통량, 일평균 속도, 일평균 대형차 혼입률을 보여준다. 타이어-노면 근접소음 측정 방법은 측정장비를 고속도로 설계속도(100 km/h)로 주행하면서 기존 포장면과 노면개량공법이 적용된 포장면을 측정·비교하여 노면개량공법의 소음저감 성능을 확인하였다.

DG공법은 시공사례가 많아 일정한 시간이 경과한 위치를 찾아 경년변화에 대한 소음저감 측정값을 얻을 수 있었으나, NGCS 측정 결과 값은 시공사례가 없어 시험시공 직후 전과 후에 대한 비교값을 분석하였다.

3.3 소음저감효과 분석 결과

3.2절에서 설명한 방법으로 노면개량 공법(DG, NGCS)이 시공된 콘크리트 포장과 이와 인접한 일반 콘크리트 포장의 갓길 등가소음과 타이어-노면 근접소음을 측정하고 비교하여 소음저감효과를 평가하였다. 기준지점과 대상지점에 대하여 노면개량 공법 시공 전과 후의 차이값을 성능으로 나타내었으며 각 Case별 소음분석 값을 Table 3에 정리하고, Fig. 4에 나타내었다. Table 3의 Case-3을 보면 동일 교통조건하에 기준지점과 대상지점의 시공 전의 17년 된 횡방

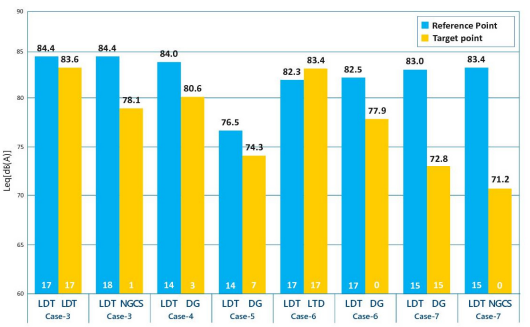


Fig. 4 Result differences between reference and target point by road shoulder pass-by noise measurement

향타이닝(lateral direction tinning, LDT) 갓길 등가소음도 측정 결과 0.8 dB(A) 차이가 있었으며, 시공 후 1년 경과된 대상지점의 NGCS 공법의 갓길 등가소음도가 기준지점에 비해 6.3 dB(A) 감소하였다. 따라서 시공 전 소음도 차이를 고려한 NGCS 공법의 총 저감 성능은 5.5 dB(A)로 도출되었다. 마찬가지로 Case-6에서는 위와 동일한 방법으로 DG 공법의 총 저감 성능이 5.7 dB(A)로 확인할 수 있다. 여기서 DG공법이 적용되는 대상지점의 포장 상태와 비교지점의 포장 상태를 비교 했을 때 Case-6에서 1.1 dB(A) 차이를 보였으므로 대상지점에 DG공법을 시공 후에 대상지점 포장면의 상태가 좋아지는 효과로 인해 상대적으

Table 4 Results of CPX noise measurement

Sortation		Concrete pavement (Reference pavement)			DG			NGCS		
Case no.	Direction	Kind	Age [years]	Leq① [dB(A)]	Age [years]	Leq② [dB(A)]	Effect ②-①	Age [years]	Leq③ [dB(A)]	Effect ③-①
Case-1	Upward	LDT*	9.5	104.1	2	102.1	-2.0			
Case-2	Upward	LGT**	2	100.4	2	99.2	(-1.2)			
Case-3	Upward	LDT	18	108.2				1	101.7	-6.5
	Domnward	LDT	18	108.4				1	102.3	-6.1
Case-4	Upward	LDT	14	104.9	4	103.2	-1.7			
	Domnward	LDT	14	105.5	4	102.0	-3.5			
Case-5	Upward	LDT	14	105.2	7	102.7	-2.5			
	Domnward	LDT	14	108.1	7	102.5	-5.6			
Case-6	Upward	LDT	17	109.3	0.5	102.8	-6.5			
	Domnward	LDT	17	108.6	0.5	102.4	-6.2			
Case-7	Upward	LDT	15	107.5	1.5	103.9	-3.6	0.3	102.1	-5.4
	Domnward	LDT	15	107.3	1.5	103.5	-3.8	0.3	102.1	-5.2
Average		LDT	15	107	3.1	102.7	-3.9	0.7	102	-5.8
Standard deviation							1.8			0.3
Average		LGT	2	100.4	2	99.2	(-1.2)			

* LDT : lateral direction tinning
** LGT : longitudinal direction tinning
*** '( )' represents the noise value of concrete pavement constructed with LGT

로 성능값의 차이가 크게 나타났고, 반대로 같은 표 Case-3에서는 대상지점이 비교지점보다 기존 포장상태가 –0.8 dB(A) 만큼 좋은 관계로 NGCS공법 시공 후에 성능값의 차이가 크지 않음을 알 수 있다. Case-7의 측정값은 현장 여건상 갓길에서 측정이 어려워 일정한 거리를 이격하여 측정된 값의 차이를 나타내고 있으며, 기존에 DG공법으로 시공된 위치이므로 NGCS를 시공한 후 비교한 값을 나타내었다. Table 4는 설계속도(제한속도)로 주행하는 차량의 노면과 타이어에서 발생하는 소음만 측정하는 방법인 타이어-노면 근접소음 측정으로 Case-1 ~ Case-7의 모든 도로에서 노면개량공법(DG, NGCS)이 완료된 지점과 인근 지점의 기존 포장면(횡방향타이닝 LDT, 종방향타이닝 LGT)을 비교하여 측정값을 나타내었으며, 각 Case별 결과 값을 Fig. 5에 나타내었다. 최근에는 횡방향타이닝 대신에 종방향타이닝으로 시공하는 사례가 많으나, 현재 공용중인 대부분의 콘크리트 포장은 횡방향타이닝으로 시공된 곳이 대부분이며, 타이어와 직각 방향으로 접하는 횡방향타이닝에서 소음도가 더 높게 나타났기 때문에 포장면 개량 후의 저감값도 더 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

포장면 개량공법에 따른 소음 측정 분석결과를 종합하면 다이아몬드 그라인딩(DG) 공법은 갓길 등가소음도 측정방법으로 5.7 dB(A), 타이어-노면 근접소음 측정방법으로 3.9 dB(A)의 소음저감효과를 보였다. 각 측정방법에 대한 효과 차이는 1.8 dB(A)로 갓길 등가소음도 측정값이 더 많이 저감되는 것으로 나타났다. 한편 고성능 콘크리트포장 표면처리(NGCS) 공법은 갓길 등가소음도 측정방법으로 5.5 dB(A), 타이어-노면 근접소음 측정방법으로 5.8 dB(A)의 소음저감효과를 보였으며, 각 측정방법에 대한 효과 차이는 0.3 dB(A)로 나타났다. 비교적 시공 사례가 많은 DG 공법에 대해서는 측정 데이터가 상대적으로 많아

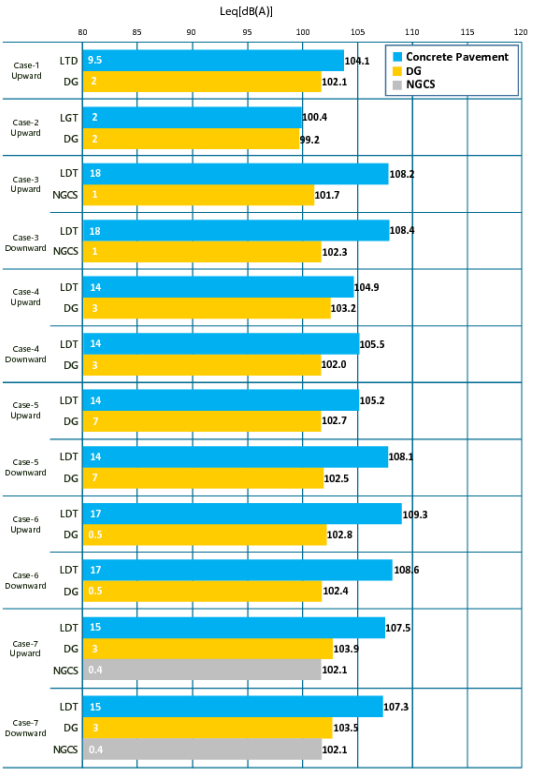


Fig. 5 Result differences between con's paver and DG and NGCS by CPX noise measurement

소음도 평균값의 신뢰가 높다고 볼 수 있으나, NGCS 공법은 시공사례가 적고 사용년수도 얼마되지 않아 평균값의 신뢰도가 다소 떨어진다고 할 수 있겠다. 향후 이들 공법의 소음저감 값의 경년변화 즉 사용연수에 따른 소음저감 값의 변화 추이에 대해서는 지속적인 추적조사를 통해 검증하여할 것으로 보인다.

4. 결 론

현재 국내에서 도로교통소음 저감을 위해 방음벽을 주로 적용하고 있으나 국내 도로의 여건으로 볼 때 그 한계점이 많아 새로운 도로교통소음 저감기술에 대한 연구들을 통해 저감방안을 다양화하는 것이 필요하다.

따라서, 도로교통소음의 주요 원인인 차량 바퀴 소음을 저감하는 것이 무엇보다 중요할 것으로 판단되어, 이 연구를 통해 현재 기존 노후 콘크리트 성능향상을 위해 적용되고 있는 다이아몬드 그라인딩 공법과 고성능 콘크리트포장 표면처리 공법의 도로교통소음 저감효과에 대하여 현장에서 직접 소음을 측정하고 분석하였다. 측정은 갓길 등가소음도 측정방법과 타이어-노면 근접소음 측정방법을 사용하여 각 포장면 개량공법에 따른 소음도를 동일 교통조건 하에서 실시하였다. 다이아몬드 그라인딩(DG) 공법의 소음저감효과는 기존 콘크리트 포장에 비해 약 3.9 dB(A) ~ 5.7 dB(A) 저감효과가 있었고, 고성능 콘크리트 포장 표면처리(NGCS) 공법의 소음저감효과는 약 5.5 dB(A) ~ 5.8 dB(A)의 저감효과가 있는 것으로 분석되었으며, 향후 이러한 소음저감 방법에 대하여 국가적인 차원에서 적극 도입하여야 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 그러나, 이 논문에서 분석된 값은 노면개량공법의 사용년 수가 10년 이내로써 일정한 시간이 지남에 따라 저감량의 변화에 대해서는 추가적인 연구를 통해 내용연수를 정해야 할 것으로 판단되며 다른 저소음 포장 공법과의 비교 연구도 진행할 필요가 있다.

끝으로, 콘크리트 포장이 시공된 도로의 인근 주택에서 도로교통소음이 증가할 경우 방음벽보다 시공 및 경제적으로 유리한 콘크리트 포장면 개량을 통한 소음원에서 소음저감 방안을 우선 적용하여 도로 이용자들의 주행쾌적성 및 안전성 향상과 방음벽으로 인한 도로변 주택의 도시미관이 저해되는 것을 해결할 수 있을 것이다.

References

(1) Jung, J. D., Ryu, S. W., Han, S. H. and Cho, Y. H., 2006, The Performance Analysis of Diamond Grinding for Existing Concrete Pavements, International Journal of Highway Engineering, Vol. 8, No. 3. pp. 77~88.

(2) Hong, S. H. and Han, S. H., 2006, Noise Reduction of Old Concrete Pavement Using Diamond Grinding Method, Journal of the Korean Road Society, Vol. 8, No. 4, pp. 30~36.

(3) Scofield, L., 2011, Development and Implementation of the Next Generation Concrete Surface, ACPA (American concrete pavement association) Final Report.

(4) Anderson, K. W., Uhlmeyer, J. S., Russell, M. and Weston, J., 2011, Evaluation of Long-term Pavement Performance and Noise Characteristics of the Next Generation Concrete Surface, WSDOT Research Report, WA-RD 767.1.

(5) ACPA(American concrete pavement association), 2007, MnROAD Validation of Purdue TPTA Results, ACPA Draft Construction Report, IL, U.S.A

(6) Lee, W., Lee, J., Gu, J., Seo, C. and Park, H., 2013, Study for the assessment method of noise reduction performance of Low-noise asphalt pavement, National Institute of Environmental Research, 11-1480523-001816-01.

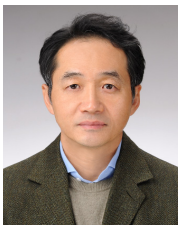
(7) ISO (International Organization for Standardization), 1997, Acoustics: Measurement of the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise: Part 1: Statistical Pass-by Method, ISO 11819-1:1997.

(8) Kim, C., Chang, T. and Kim, D. S., 2012, Characteristics Analysis of Highway Traffic Noise, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 22, No. 12, pp. 1191~1198.

(9) ISO (International Organization for Standardization), 2017, Acoustics: Measurement of the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise: Part 2: The Close-proximity Method, ISO 11819-2:2017.

Byueng Hee Chun worked on policies and preventive measures for road traffic noise that causes major environmental problems on highways. He is interested in studying various measures to reduce road traffic noise at the Korea Expressway Corporation.

Chulhwan Kim received Ph.D. degree in Acoustic Design from Kyushu Institute of Design (Japan) in 1997. He is currently a senior researcher at Korea Expressway Corporation Research Institute. His research interests include environment noise and vibration analysis, road traffic noise prediction model and road traffic noise impact assessment.



Seo Il Chang completed his Ph.D. studies in the Herrick Laboratories, Dept. of Mechanical Engineering, Purdue University in 1993 on non-linear problems of mechanical systems including plates and shells. In 1997, he started his academic professional career in the Dept. of Environmental Engineering, the University of Seoul. His major research interest has been the environmental noise and vibration control and people in his lab have generated noise maps of cities. Recently, he collaborates with researchers from other fields including transportation, GIS, air quality and public health to make environmental pollution maps and to assess health impact. His long-term research plan is to study the relations between environmental noise and urban forms.

Hunjae Ryu strives to bring us closer to the goal of real-time 3-D computational urban environmental noise modeling for healthy environments. He is a research professor in the Department of Urban Big Data Convergence at University of Seoul with expertise in urban environmental noise and vibration modeling and mapping. He holds a B.S. in environmental engineering, and M.S. and Ph.D. in energy and environmental system engineering from the University of Seoul.